

Ползіков Мирослав Олександрович

Аспірант кафедри менеджменту в будівництві,

<https://orcid.org/0000-0002-5878-4202>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**АРХІТЕКТУРА ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ ПІДТРИМКИ
МУЛЬТИПРОЄКТНОГО УПРАВЛІННЯ В БУДІВЕЛЬНИХ КОМПАНІЯХ**

Анотація. Дослідження присвячене розробленню архітектури цифрових платформ підтримки мультипроєктного управління в будівельних компаніях. У роботі розглянуто принципи побудови інтегрованої системи, що поєднує ERP, PPM, CRM, BIM та аналітичні модулі Data Analytics у єдиний інформаційний простір. Такий підхід спрямований на підвищення ефективності координації між різними проєктами портфеля, узгодження процесів управління ресурсами, фінансами, ризиками та якістю. Особливу увагу приділено створенню цифрової екосистеми, здатної не лише відображати поточний стан проєктів, а й прогнозувати можливі відхилення та оптимізувати управлінські рішення в режимі реального часу. Запропонована факторно-структурна модель передбачає використання коефіцієнта інформаційно-аналітичної інтеграції, який дозволяє оцінювати ефективність взаємодії між різними цифровими модулями. Удосконалено алгоритмічну схему багатокритеріальної оптимізації, побудовану на методах Парето-фронту, еволюційних алгоритмах NSGA-II та адаптивній системі вагових коефіцієнтів. Це забезпечує можливість балансування між ключовими показниками – витратами, тривалістю, якістю, ризиками та кадровим навантаженням – у межах єдиного управлінського контуру. Розроблена структурно-алгоритмічна модель демонструє, як взаємодіють цифрові платформи, аналітичні модулі та організаційні механізми для підтримки стабільного функціонування мультипроєктного середовища. Доведено, що інтеграція цифрових інструментів у межах єдиної архітектури дозволяє підвищити точність планування, скоротити ризики інформаційних розривів і забезпечити прозорість управлінських процесів.

Ключові слова: мультипроєктне управління; цифрова архітектура; ERP; BIM; CRM; PPM; Data Analytics; оптимізація; адаптивність

Постановка проблеми

Сучасні будівельні компанії реалізують одночасно десятки взаємопов'язаних проєктів, що вимагає високого рівня координації, контролю та аналітичної підтримки. Традиційні системи управління – ERP, PPM, CRM чи BIM – використовуються окремо, що призводить до фрагментації інформації, дублювання процесів і зниження ефективності прийняття рішень. Ключовою проблемою є відсутність єдиної аналітичної архітектури, здатної інтегрувати фінансові, технологічні, організаційні та просторові дані у спільне інформаційне середовище.

В умовах високої динаміки ринку, цифровізації будівництва та зростання ролі прогнозової аналітики виникає потреба у створенні інтегрованих екосистем управління, де кожна платформа не функціонує автономно, а стає елементом загальної системи підтримки рішень. Відсутність такої інтеграції знижує можливість оперативного реагування на ризики, порушує баланс між проєктами портфеля та ускладнює реалізацію стратегічних цілей компанії.

Мета статті

Метою дослідження є розроблення інтегрованої архітектури цифрових платформ підтримки мультипроєктного управління для будівельних компаній, яка поєднує інструменти ERP, PPM, CRM, BIM і Data Analytics у єдину аналітичну екосистему. Передбачається побудова моделі, що забезпечує автоматизовану взаємодію між економічними, технологічними та організаційними підсистемами, підвищуючи ефективність прийняття управлінських рішень. Основним завданням є створення алгоритмічної схеми, яка дозволяє не лише контролювати виконання проєктів, а й здійснювати прогнозування, моделювання сценаріїв розвитку та багатокритеріальну оптимізацію у реальному часі. У результаті дослідження формується теоретико-практична база для переходу від статичних інформаційних систем до динамічних цифрових екосистем, здатних до самонавчання, аналітичної адаптації та випереджального управління ризиками.

Аналіз основних досліджень і публікацій

Проблематика цифрової трансформації управління проектами нині розглядається як один із ключових напрямів розвитку сучасного менеджменту в будівельній галузі. Основна увага приділяється створенню інтегрованих цифрових систем, здатних об'єднувати різноманітні дані та забезпечувати оперативну аналітику для підтримки управлінських рішень. Зокрема, дослідження у цій сфері спрямовані на поєднання економічних, технологічних і організаційних параметрів у межах єдиної інформаційної екосистеми, що дозволяє підвищити узгодженість процесів і прозорість управління.

Сучасні підходи ґрунтуються на концепції багатокритеріальної оптимізації, яка передбачає збалансування ключових показників – вартості, строків, якості, ризиків і трудових ресурсів – у межах єдиного аналітичного середовища. У цьому контексті цифрові архітектури формуються на основі принципів сервісно-орієнтованої інтеграції, коли ERP, PPM, CRM і BIM-платформи взаємодіють через модулі аналітики даних (Data Analytics), створюючи адаптивну систему управління.

Окрему увагу дослідження приділяють переходу від реактивних моделей до прогнозно-аналітичних, де управлінські рішення формуються на основі моделювання сценаріїв і передбачення ризиків. Такий підхід дозволяє перетворити цифрову платформу на активний інструмент управління, що здатен не лише відображати поточний стан проєктів, а й прогнозувати можливі відхилення, пропонуючи альтернативні сценарії розвитку. У результаті аналізу тенденцій встановлено, що головним напрямом розвитку є побудова єдиного цифрового середовища, де всі системи управління функціонують не ізольовано, а як елементи інтегрованої екосистеми. Це забезпечує підвищення точності планування, зменшення організаційних ризиків та перехід до нової якості управління мультипроектними портфелями у будівництві.

Виклад основного матеріалу

У попередніх теоретичних положеннях було показано, що мультипроектне управління будівельними підприємствами характеризується складною сіткою економічних, ресурсних та організаційних взаємозалежностей. Раніше наведені моделі зосереджувались переважно на поясненні сутності явищ, таких як факторно-структурний аналіз, конфігурації управлінських структур та методи багатокритеріальної оптимізації. Наступним кроком у розвитку цієї концепції є їх трансформація в інноваційну аналітичну архітектуру цифрової

підтримки, здатну забезпечити інтеграцію різних підходів у межах єдиної інформаційної екосистеми будівельної компанії. Саме це і становить завдання пункту 3.1, де необхідно перейти від статичної теоретичної бази до побудови нової моделі, яка може стати ядром інтелектуальної підтримки мультипроектної діяльності.

Проблема полягає в тому, що класичні ERP-системи чи BIM-платформи, використовуючись окремо, не враховують складну мережу взаємозалежностей між проєктами, не забезпечують достатньої організаційної гнучкості й лише частково інтегрують методи багатокритеріальної оптимізації. Тому сучасний підхід до архітектури цифрової екосистеми передбачає поглиблену інтеграцію цих інструментів.

Уявімо, що кожен проєкт у портфелі будівельної компанії є не лише автономною одиницею, а цифровим агентом, який функціонує у спільному інформаційно-аналітичному середовищі. ERP відповідає за ресурсно-фінансову частину, PPM – за координацію портфеля, CRM – за взаємодію із замовниками, BIM – за просторово-технологічну інтеграцію, а Data Analytics – за постійний моніторинг взаємозалежностей. Така модель дозволяє побудувати економічно-організаційну «надструктуру», де цифрові платформи не просто існують паралельно, а створюють єдиний аналітичний контур прийняття рішень.

Щоб продемонструвати, як саме вдосконалюється факторно-структурна модель, згадаємо її класичне рівняння. Воно описувало залежність економічного результату від доходів, витрат та взаємозалежностей між проєктами. У нашій інноваційній версії воно розширене за рахунок нового параметра інтеграції з цифровими платформами, формула 1:

$$F^*(t) = \sum_i (R_i(t) - C_i(t)) + \sum_{i \neq j} [F_{ij}(t) \times \Phi_{DA}(t)], \quad (1)$$

де $R_i(t)$ – дохід від проєкту у момент часу t ; $C_i(t)$ – витрати; $F_{ij}(t)$ – інтегральний ефект взаємозалежності між проєктами i та j ; $\Phi_{DA}(t)$ – коефіцієнт інформаційно-аналітичної інтеграції, що відображає вплив ERP, PPM, CRM, BIM та Data Analytics на якість узгодження даних.

Це рівняння трансформує класичну факторно-структурну модель у динамічну цифрову, яка враховує не лише внутрішньоекономічні фактори, а й ступінь ефективності роботи цифрової екосистеми компанії.

Важливою ілюстрацією розвитку цієї концепції є удосконалена схема факторно-структурної взаємозалежності, яка враховує не лише внутрішні та зовнішні фактори взаємодії проєктів, а й новий рівень їх інтеграції через цифрові аналітичні модулі (рис. 1).

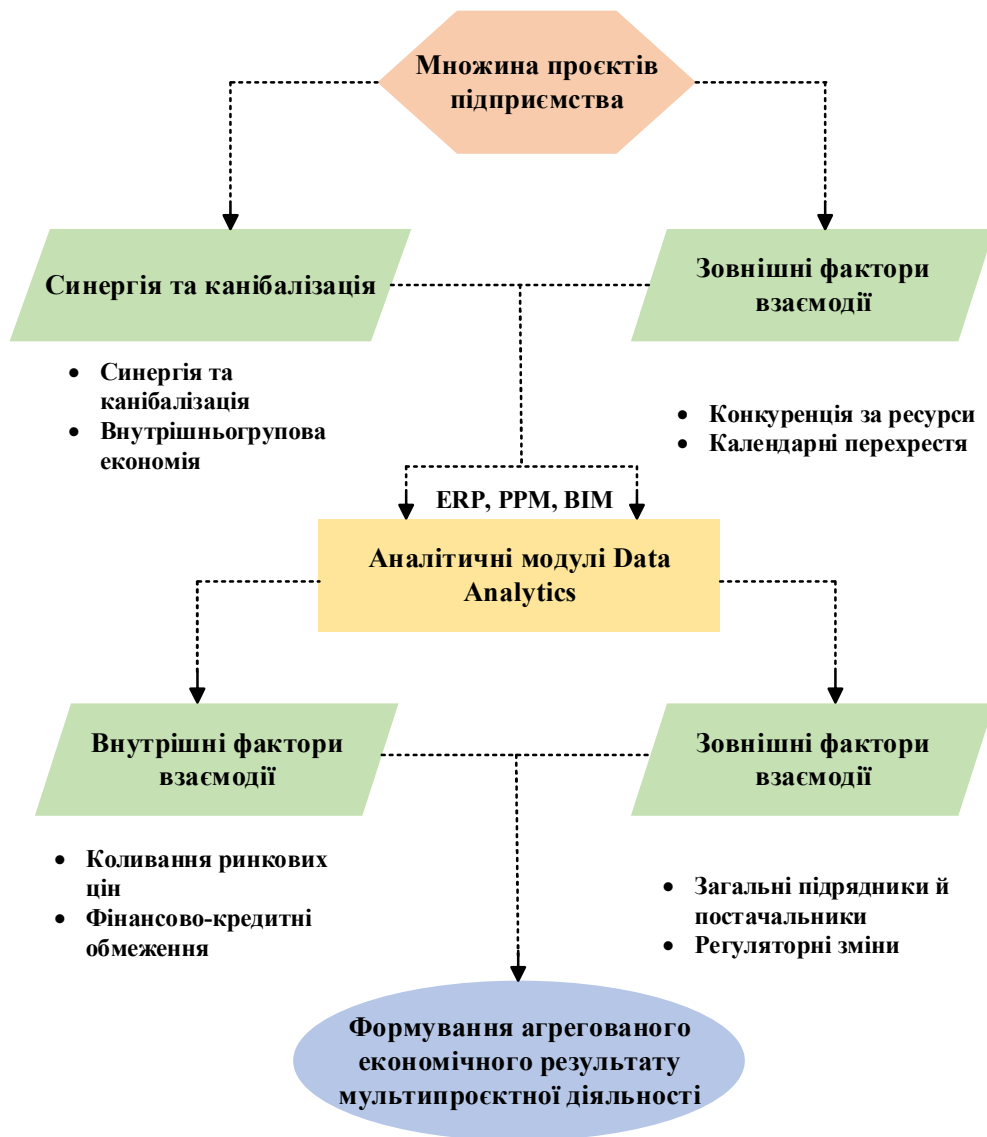


Рисунок 1 – Удосконалена структура факторно-структурної взаємозалежності економічних параметрів у мультипроектній діяльності будівельних підприємств
Розроблено автором на основі [1].

Якщо раніше модель відображала переважно економічні та організаційні залежності між проєктами, то у вдосконаленій версії вона демонструє, яким чином ERP, PPM, BIM та інші інструменти стають посередниками між внутрішніми та зовнішніми факторами. Саме завдяки цьому формується інтегрований механізм, що дозволяє знизити хаотичність впливів і досягати узгодженого агрегованого економічного результату.

Наступним кроком у побудові архітектури є інтеграція методів багатокритеріальної оптимізації. У традиційних моделях прийняття рішень керівники проєктів змушені балансувати між витратами, строками, якістю, ризиками та стратегічною значущістю. У цифровій екосистемі цей баланс реалізується через аналітичний модуль Data Analytics, де рішення розглядаються як множина альтернатив на фронті Парето.

Узагальнене рівняння багатокритеріальної оптимізації, що використовується в інноваційній моделі, має вигляд формули 2:

$$F_{МСО}(x) = \sum_{a=1}^k m_a \times c_a(x) + \lambda \times \sigma^2(x), \quad (2)$$

де $c_a(x)$ – критерії оцінювання проєкту (фінансовий ефект, якість, строки, ризики, кадрові навантаження); m_a – вагові коефіцієнти для кожного критерію; $\sigma^2(x)$ – оцінка дисперсії (ризикового відхилення), λ – параметр компенсації за невизначеність.

У цифровій екосистемі будівельної компанії ця функція стає «аналітичним ядром» платформи, оскільки дозволяє у реальному часі балансувати між показниками проєктів, підлаштовуючись під динаміку ринку та внутрішні зміни.

Таким чином, архітектура цифрових платформ підтримки мультипроектного управління постає як нова інноваційна модель, що трансформує класичні факторно-структурні підходи у динамічні цифрові рівняння, враховує організаційну гнучкість та конфігурації управлінських структур через інтеграцію ERP, CRM, PPM та BIM, а також впроваджує багатокритеріальну оптимізацію у вигляді аналітичного ядра Data Analytics. Це єдиний контур, у межах якого будівельне підприємство здатне перетворити розрізнені інформаційні системи на інноваційну екосистему, де прийняття рішень спирається не лише на дані, а й на аналітично-оптимізаційні моделі, що враховують взаємозалежність, адаптивність і багатокритеріальність.

Розвиток цифрової архітектури підтримки мультипроектного управління у будівельних компаніях стає критично важливим у контексті високої невизначеності ринку та необхідності швидкого реагування на зміни зовнішнього середовища. Традиційні системи планування обмежувалися аналізом бюджетів та контрольними графіками, але у сучасних умовах цього вже недостатньо. Саме тому інтеграція ERP, PPM, CRM, BIM та Data Analytics повинна розглядатися як цілісний інструмент, що забезпечує не лише контроль, а й прогнозування, адаптацію та оптимізацію.

Важливою інновацією у такій системі є здатність перетворювати накопичені дані у дієві управлінські знання. Наприклад, ERP фіксує фінансові потоки, BIM надає детальну інформацію про об'єкти та їх параметри, CRM акумулює очікування замовників, а модулі аналітики узгоджують ці дані в єдиному полі. Якщо раніше ці залежності розглядалися ізольовано, то тепер вони отримують уніфіковану форму, де всі фактори інтегруються в цифровий простір.

Це дозволяє реалізувати новий рівень управління – аналітичне управління, у якому ключову роль відіграють не лише ресурси чи організаційні механізми, а й алгоритмічні моделі, що постійно оновлюються в залежності від зміни зовнішніх та внутрішніх параметрів. Замість того щоб оцінювати портфель проєктів постфактум, система здатна створювати прогнозні сценарії, виявляти «вузькі місця» у графіках чи фінансах ще до того, як вони перетворюються на кризові.

Однією з ключових інновацій, що відрізняє сучасні цифрові екосистеми підтримки мультипроектного управління від класичних підходів, є вбудовування механізмів багато-критеріальної оптимізації безпосередньо в архітектуру платформ ERP, PPM, CRM та BIM. У традиційних умовах прийняття рішень зазвичай орієнтувалося на

домінуючий критерій – мінімізацію витрат, скорочення термінів або підвищення якості. Проте мультипроектне середовище неминуче створює ситуацію конфлікту цілей. Для будівельного підприємства надто швидке завершення одного проєкту може спричинити дефіцит ресурсів в інших, зниження якості робіт або навіть зрив загальної портфельної стратегії. Тому сучасна аналітична архітектура повинна інтегрувати інструменти, здатні в реальному часі балансувати між суперечливими критеріями та пропонувати оптимальні компроміси.

Рис. 2 узагальнює структурно-ієрархічний контур цифрової платформи мультипроектного управління: від консолідації даних ERP/PPM/CRM/BIM до аналітичного ядра багатокритеріальної оптимізації (формула 2), що балансує фінансовий ефект, якість, строки, ризики та кадрові навантаження. Гілки «фронт Парето» і «сценарії+оптимізація» формують рекомендації для прийняття рішень і моніторингу KPI, а зворотний зв'язок оновлює ваги mat_ama і параметр λ , забезпечуючи адаптацію до невизначеності та конфлікту цілей.

Базові підходи багатокритеріальної оптимізації, такі як методи агрегування критеріїв, Парето-оптимальність, аналіз ієрархій Сааті та еволюційні алгоритми, у новій моделі піднімаються на вищий рівень і стають частиною аналітичних модулів цифрових платформ. У цьому випадку ERP перестає бути лише системою реєстрації фінансових даних, BIM – виключно засобом візуалізації об'єктів, а CRM – лише інструментом для роботи із замовниками. Усі вони трансформуються у джерела багатокритеріальних даних, які акумулюються та аналізуються у середовищі Data Analytics, де формується поле можливих рішень.

Особливу увагу слід приділити трансформації класичних моделей оптимізації. Наприклад, модель зважених сум у новій версії доповнюється параметрами динамічної адаптації вагових коефіцієнтів, які змінюються залежно від стану портфеля та зовнішнього середовища. Це означає, що система підтримки рішень здатна реагувати на зміни динамічно: у періоди нестабільності ваги зсуваються у бік мінімізації ризику, а у фазі розширення компанії посилюється вплив критерію швидкості реалізації. Такий підхід відображає здатність цифрової екосистеми до аналітичної адаптації, якої не мали попередні моделі.

Подальший розвиток логіки багатокритеріальної оптимізації у мультипроектному управлінні вимагає переходу від загальної теоретичної схеми до інтегрованої моделі, де цифрові платформи і аналітичні інструменти формують єдине алгоритмічне середовище.

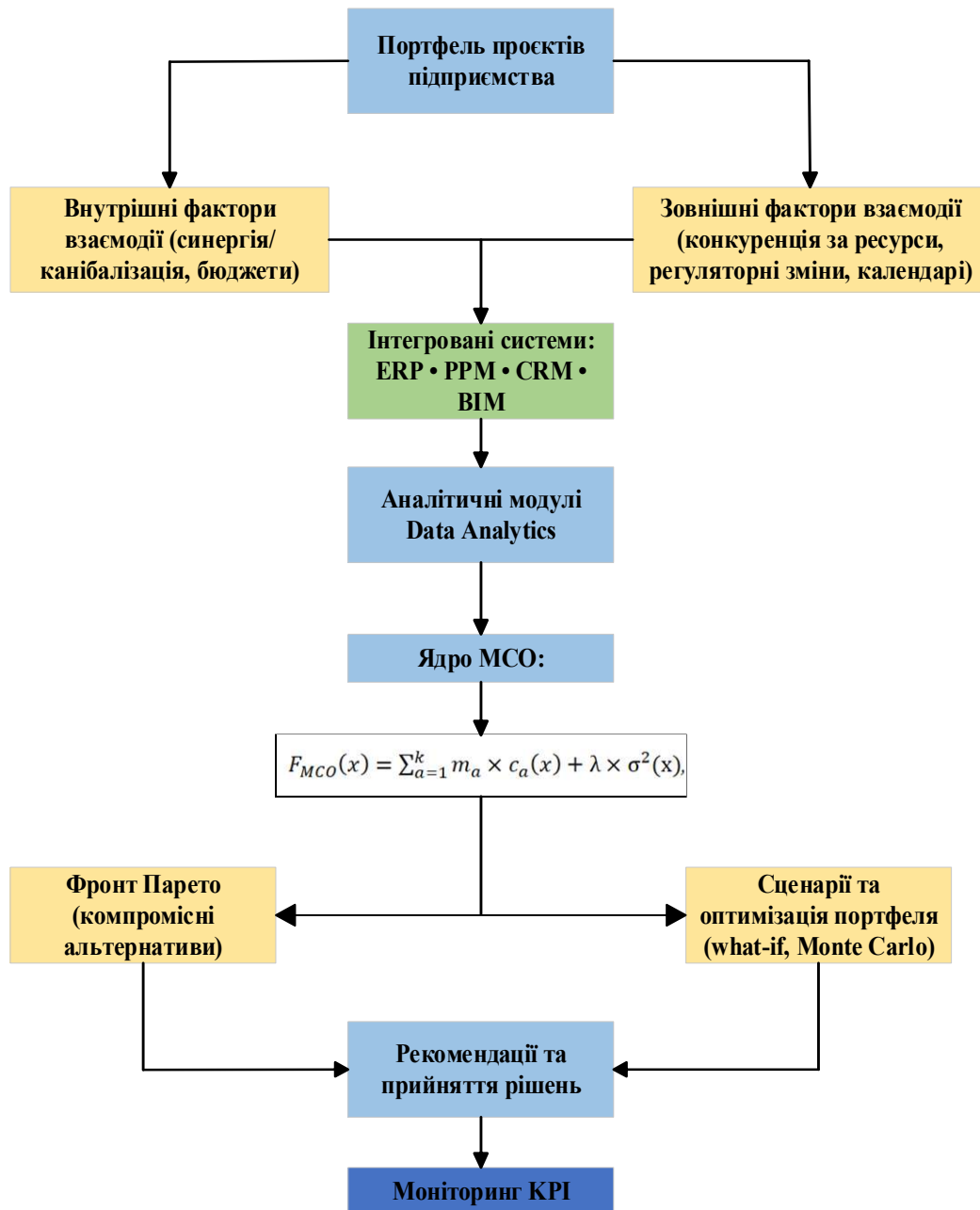


Рисунок 2 – Структурна інтеграція багатокритеріальної оптимізації (MCO) у цифрову архітектуру мультипроєктного управління

Розроблено автором на основі [2].

Якщо традиційна структурна схема демонструвала лише класифікацію методів та їх взаємозв'язок у межах багатокритеріальної оптимізації, то у сучасному контексті постає потреба у включенні ERP, PPM, CRM і BIM як джерел даних, а також Data Analytics як центрального модуля, що забезпечує перетворення інформації на рішення. Саме така ускладнена модель, рис. 3, дозволяє відобразити, як від конфліктних цілей управління та обмеженості ресурсів можна перейти до практичної реалізації оптимізаційних сценаріїв, заснованих на цифровій інтеграції та прогнозно-аналітичному аналізі.

Другим важливим елементом є інтеграція концепції Парето-оптимальності в середовище BIM

та PPM. Класичне уявлення про фронт Парето визначає множину рішень, у яких неможливо покращити один критерій без погіршення іншого. У мультипроєктному управлінні це означає, що абсолютних рішень не існує, натомість завжди формується спектр компромісів. Для цифрових платформ надзвичайно важливою стає можливість візуалізації цих сценаріїв: аналітична панель може продемонструвати керівнику кілька альтернатив, що лежать на фронті Парето. Одне з рішень може передбачати мінімальні витрати при середніх термінах реалізації, інше – найшвидше виконання за умови вищих ризиків. Це переводить процес ухвалення рішень на новий рівень прозорості та раціональності.

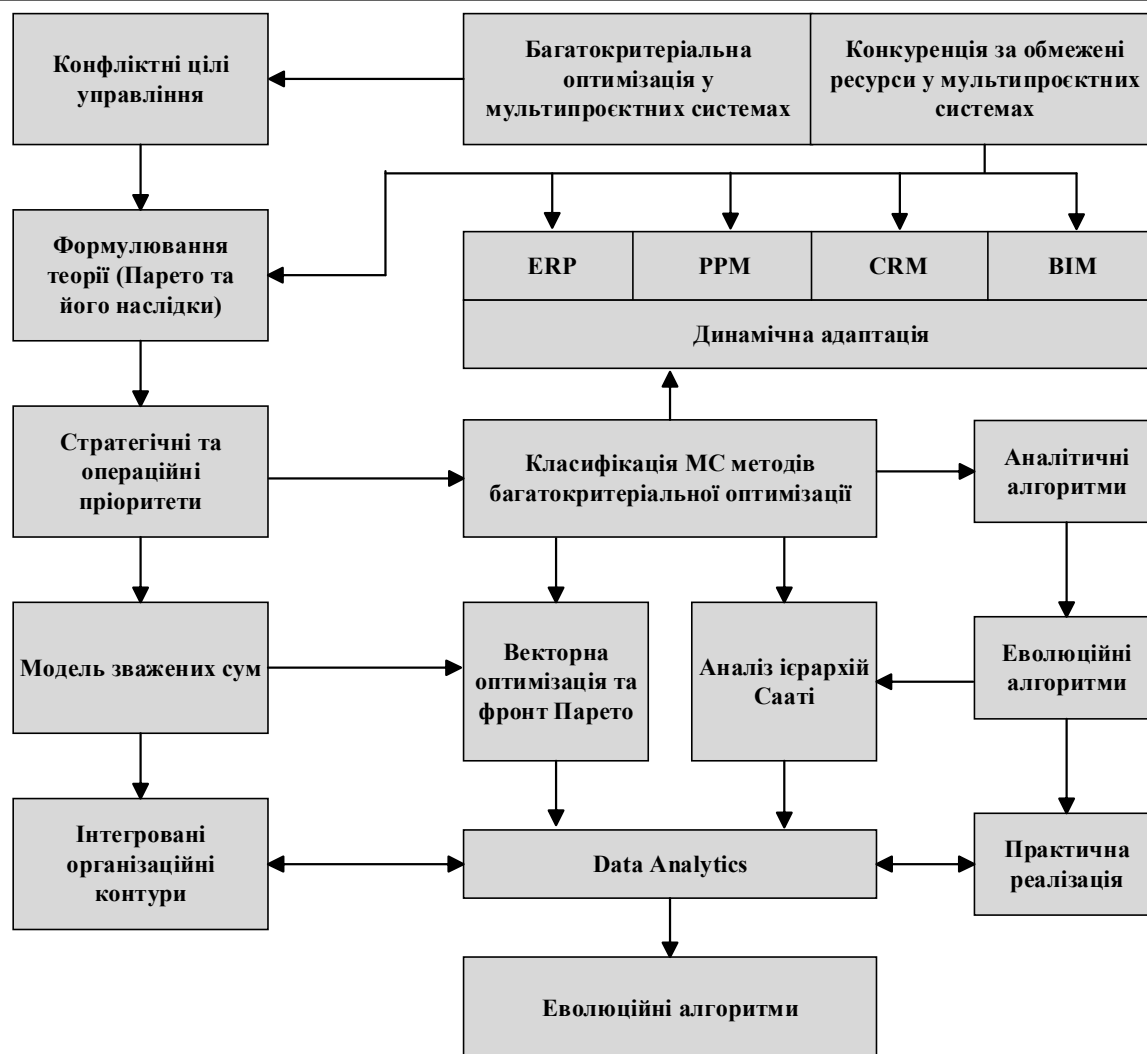


Рисунок 3 – Удосконалена структурно-алгоритмічна схема багатокритеріальної оптимізації у мультипроектному управлінні з інтеграцією цифрових платформ і модулів аналітики
Розроблено автором на основі [3].

Водночас інтеграція Парето-аналізу у цифрову архітектуру потребує створення алгоритмічних модулів автоматичного відбору варіантів із множини недовідомих альтернатив. У цьому контексті ключову роль відіграють еволюційні алгоритми, зокрема NSGA-II. Їхня особливість полягає у здатності формувати фронт Парето у складних і динамічних просторах, які характерні для будівельних портфелів, де критерії часто перебувають у конфлікті, а параметри постійно змінюються. Це можна подати у вигляді узагальненого рівняння, формула 3:

$$P^*(t+1) = \text{Sel}(\text{Mut}(\text{Cross}(P(t)))), \quad (3)$$

де $P(t)$ – множина рішень на k -му кроці; Cross – оператор схрещування альтернативних сценаріїв; Mut – оператор мутації, що вводить стохастичні зміни; Sel – процедура відбору рішень, які формують новий фронт Парето.

Такий підхід дозволяє не обмежуватися одним варіантом, а генерувати ціле поле альтернативних

сценаріїв, з яких керівництво може обирати найбільш прийнятний для конкретної ситуації.

Таким чином, у сучасній архітектурі цифрових платформ багатокритеріальна оптимізація перестає бути виключно математичною задачею. Вона перетворюється на аналітичне ядро, яке визначає баланс управлінських рішень у мультипроектному середовищі. ERP забезпечує дані про витрати, BIM додає просторово-технологічний вимір, CRM інтегрує очікування замовників, а Data Analytics трансформує все це у багатокритеріальні моделі. Це вже не просто інструмент контролю, а повноцінна інноваційна екосистема, здатна навчатися, прогнозувати та підтримувати управлінців у прийнятті складних рішень.

Поглиблюючи логіку викладу, варто перейти від розгляду окремих цифрових платформ чи методів оптимізації до побудови єдиної структурно-алгоритмічної моделі, яка інтегрує всі основні компоненти цифрової екосистеми мультипроектного управління. Завдання такої моделі полягає у тому,

щоб поєднати збір і обробку даних у системах ERP, BIM, CRM та PPM з механізмами організаційної адаптивності й багатокритеріальної оптимізації. Якщо попередні формули відображали лише часткові залежності між окремими елементами, то нова модель акцентує увагу на циклічному перетворенні інформації в управлінське рішення, де кожен етап виступає одночасно і джерелом, і споживачем даних.

Організаційний блок у цій архітектурі виконує роль контролю складності системи та забезпечення її адаптивності. Якщо раніше було достатньо лише виявлення перевищення критичних порогів, то тепер цифрові інструменти дозволяють у реальному часі відслідковувати навантаження та прогнозувати момент, коли система наблизиться до межі стійкості. З огляду на це формулу 4 організаційного напруження можна представити у вигляді:

$$S_{org}^*(t) = \Delta C(t) \cdot \alpha - A(t) \cdot \lambda + \Phi_{DA}(t), \quad (4)$$

де $\Delta C(t)$ – темп зростання складності портфеля у момент часу t ; α – коефіцієнт чутливості організаційної структури; $A(t)$ – амплітуда адаптивної спроможності системи; λ – коефіцієнт ефективності реалізації сценаріїв перебудови, $\Phi_{DA}(t)$ – коефіцієнт підтримки від цифрової аналітики, що знижує рівень напруження завдяки інтеграції ERP, PPM, BIM і CRM.

Це рівняння відрізняється від класичного тим, що включає параметр $\Phi_{DA}(t)$, який уможливає зменшення організаційної турбулентності за рахунок аналітичної інтеграції даних. Іншими словами, система не лише реагує на перевищення порогу, а й у режимі прогнозування коригує поведінку портфеля, знижуючи напруження ще до настання кризи. У практичному сенсі $\Phi_{DA}(t)$ виступає не як статичний коефіцієнт, а як динамічний регулятор, що формується в результаті постійного аналізу вхідних потоків даних. Це дозволяє не лише відслідковувати відхилення, а й оцінювати швидкість їхнього розвитку, ступінь впливу на суміжні процеси та потенційний ефект у довгостроковій перспективі. Таким чином, система переходить від реактивного до превентивного управління, формуючи багатоваріаційний буфер адаптації, де ризики пом'якшуються ще до того, як вони стають критичними для всього проєкту.

У такий логіці виникають підстави для побудови структурно-алгоритмічної схеми. Вона відображає взаємозв'язки між блоками збору даних, аналітикою факторів, організаційною адаптацією та багатокритеріальною оптимізацією. ERP, BIM і CRM генерують інформаційні потоки, аналітичні модулі агрегують їх і формують прогнозні сценарії, які перевіряються на організаційну стійкість. Важливо, що ці сценарії будуються з урахуванням варіативності зовнішнього середовища: технологічних змін, регуляторних коливань, динаміки ринку та

внутрішніх ресурсних обмежень. Модуль прогнозування не просто оцінює найбільш ймовірний розвиток подій, а генерує кілька альтернативних траєкторій, забезпечуючи тим самим підґрунтя для адаптивного вибору управлінських стратегій. Якщо система наближається до критичного рівня, автоматично активується сценарій адаптивної перебудови, який може включати перерозподіл ресурсів, коригування часових графіків або навіть перегляд пріоритетності проєктів у портфелі.

Таким чином формується замкнений цикл, що принципово відрізняється від попередніх моделей завдяки інтеграції цифрової аналітики як ключового елементу алгоритму управління. На відміну від традиційних циклічних систем, де зворотний зв'язок відображає лише факт настання відхилення, у даному випадку реалізується механізм «випереджального зворотного зв'язку». Це означає, що система вчиться не лише на історичних даних, а й на прогнозних індикаторах, інтегруючи їх у реальний контур прийняття рішень.

Таким чином, окреслені рівняння та алгоритмічні підходи створюють основу для побудови комплексної цифрової архітектури мультипроєктного управління. Однак для кращого розуміння взаємодії між елементами системи доцільно подати їх у вигляді структурно-алгоритмічної моделі, яка демонструє послідовність і логіку функціонування цифрово-аналітичного контуру. Саме ця схема наочно відображає, як математичні принципи перетворюються на інструменти практичного управління в динамічному середовищі.

Для більшої наочності пропонується структурно-алгоритмічна модель відображена у вигляді схеми, яка демонструє ключові етапи функціонування системи інтелектуальної підтримки. Вона ілюструє шлях від збору даних у цифрових платформах ERP, BIM та CRM до етапів факторно-структурної аналітики, перевірки організаційної гнучкості, багатокритеріальної оптимізації та прийняття управлінських рішень. Рис. 4 дозволяє побачити, як у межах інтегрованої цифрової екосистеми створюється замкнений цикл прийняття рішень, де кожен елемент не тільки виконує власну функцію, але й забезпечує адаптивність усієї системи у динамічному мультипроєктному середовищі.

Розглянута логіка адаптивної трансформації організаційної конфігурації у класичному вигляді демонструвала лише зміну управлінських структур під впливом зростання складності та необхідності подолання кризових станів. Проте у сучасних умовах цього недостатньо, адже мультипроєктне середовище вимагає інтеграції аналітичних і цифрових компонентів, які не лише реагують на

зміни, а й передбачають їх. Таким чином, логіка адаптації набуває нового змісту: від реактивної перебудови вона переходить до прогнозно-аналітичної трансформації, де ключову роль відіграє використання цифрових платформ і модулів Data Analytics.

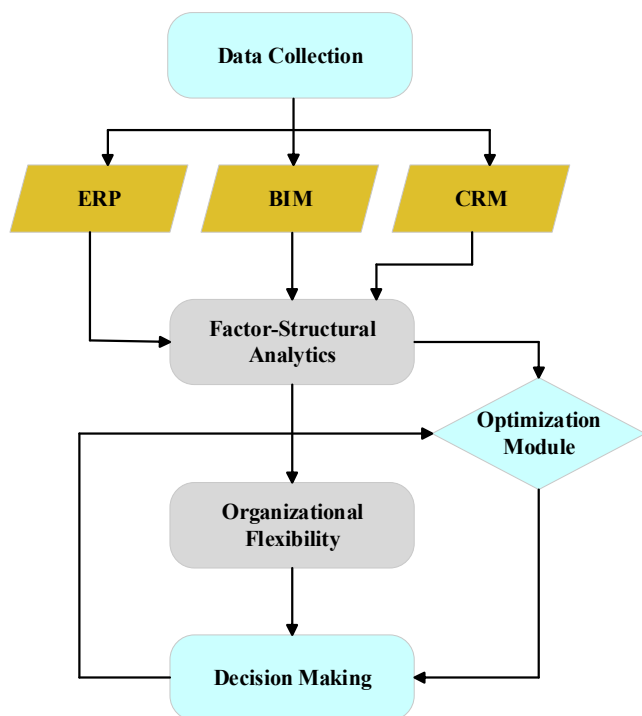


Рисунок 4 – Структурно-алгоритмічна модель системи інтелектуальної підтримки мультипроектного управління будівельними підприємствами
Розроблено автором на основі [2].

Інноваційна відмінність полягає у тому, що тепер система здатна одночасно оцінювати внутрішній стан організаційної конфігурації, зовнішні параметри мультипроектного середовища та прогнозні сценарії, що формуються алгоритмами. Це дозволяє не чекати наближення до критичного рівня, а заздалегідь активувати сценарій адаптивної трансформації. Удосконалена логіка включає додаткові блоки: по-перше, цифрові джерела даних (ERP, BIM, CRM, PPM), по-друге, аналітичний блок Data Analytics, що обробляє вхідні сигнали й формує рекомендації, по-третє, синхронізаційний механізм, який поєднує результати аналізу з організаційною перебудовою. Усе це виводить модель із площини статичної організаційної адаптації у площину динамічної цифрово-організаційної гнучкості.

У вдосконаленій схемі відбувається інтеграція двох контурів. Перший – класичний організаційний: зміна параметрів середовища → аналіз зростання складності → визначення наближення до критичного порогу → запуск сценарію трансформації → формування нової конфігурації. Другий – цифрово-

аналітичний: збір даних у ERP, BIM, CRM, PPM → обробка у модулі Data Analytics → формування прогнозу організаційних ризиків → синхронізація з блоком організаційної трансформації → коригування сценарію. Ці два контури працюють паралельно й перетинаються на етапі прийняття рішення, створюючи інтегровану логіку трансформації, яка є основою нової моделі [7].

Розвиток логіки побудови структурно-алгоритмічної моделі мультипроектного управління потребує переходу від абстрактних теоретичних конструкцій до візуалізації механізмів взаємодії цифрових та організаційних компонентів. На відміну від попередніх розрахунків, що описували лише часткові аспекти (економічні взаємозалежності або організаційне напруження), подальший етап передбачає відображення повного циклу адаптації. У межах цього процесу організаційні трансформації інтегруються з аналітикою даних та цифровими платформами в єдину систему. Така синергія дає змогу ідентифікувати моменти зростання складності, прогнозувати критичні пороги та ініціювати випереджувальне формування нових конфігурацій управління. Відповідну логіку взаємодії цифрових джерел даних, модулів аналітики та організаційних механізмів, що сукупно утворюють адаптивну цифрово-організаційну модель, представлено на рис. 5.

Запропонована модель демонструє якісно новий рівень взаємодії між організаційними структурами та цифровими інструментами. Якщо у попередніх концепціях адаптація була переважно реакцією на зовнішні фактори, то в удосконаленій системі вона стає частиною випереджувального управління. Це означає, що цифрові модулі не лише відслідковують динаміку середовища, а й виявляють закономірності, що вказують на майбутні ризики чи можливості. У такому підході керівництво отримує не просто інформацію про стан системи, а конкретні сценарії дій, які мають алгоритмічне підґрунтя та ґрунтуються на комплексному аналізі даних.

Ключовим аспектом є інтеграція прогнозової аналітики у процес адаптації. Наприклад, система може виявити, що темпи зростання складності перевищують допустимий рівень, ще до того, як організаційні механізми досягнуть критичної точки. У цьому випадку алгоритм автоматично формує набір альтернативних сценаріїв – від перерозподілу ресурсів до зміни календарних пріоритетів чи навіть перегляду конфігурації управлінських ролей. У класичній моделі ці кроки виконувалися б лише після виникнення проблеми, тоді як у цифрово-аналітичній архітектурі вони ініціюються завчасно, що знижує рівень турбулентності та підвищує стійкість мультипроектної системи [6].

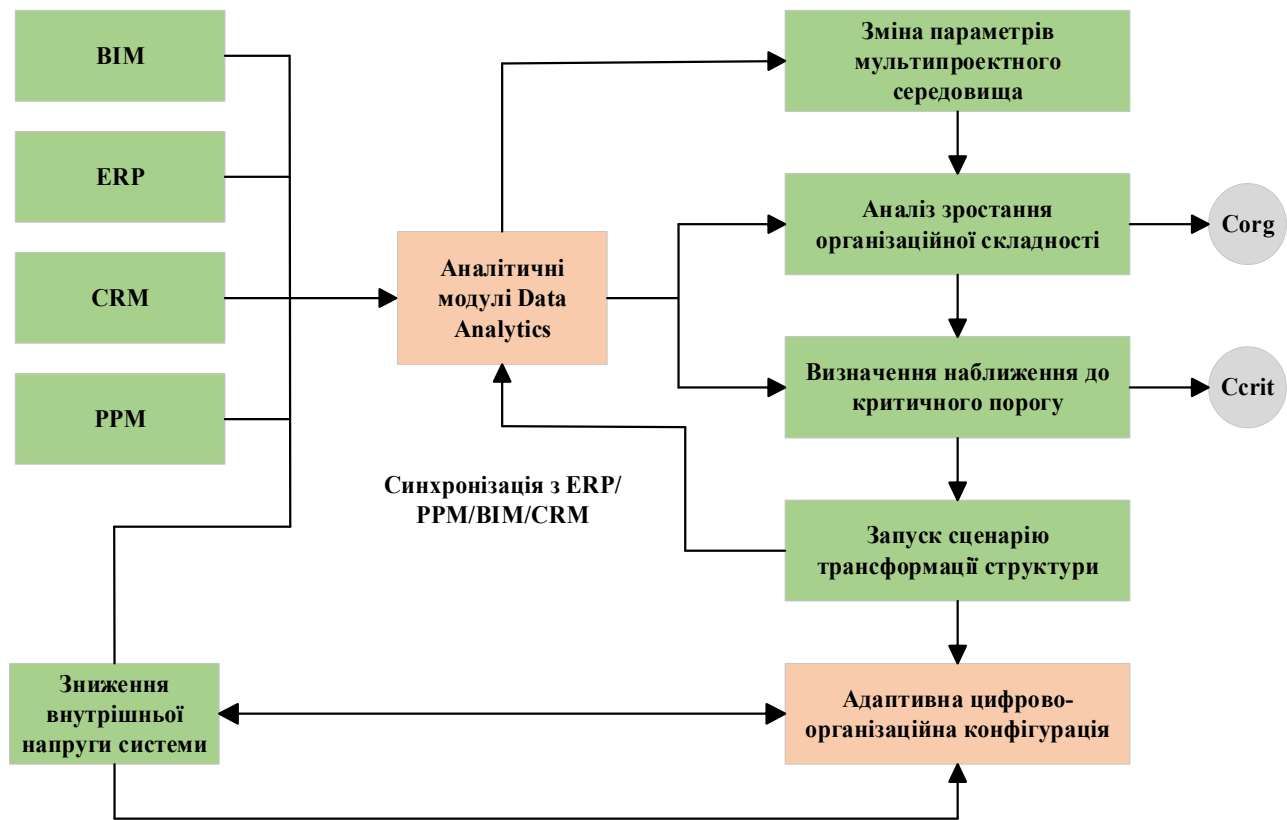


Рисунок 5 – Логіка адаптивної цифрово-організаційної трансформації мультипроектного управління будівельними підприємствами

Розроблено автором на основі [5]

Принципове значення має те, що організаційний та цифрово-аналітичний контури функціонують не ізольовано, а в умовах постійної взаємодії. Це передбачає, що результати Data Analytics інтегруються в процес прийняття організаційних рішень, тоді як зміни у структурі управління безпосередньо корегують параметри функціонування аналітичного модуля. У такий спосіб формується стійкий зворотний зв'язок, за якого система не лише адаптується до зовнішнього середовища, а й розвиває внутрішні механізми самонавчання та оптимізації.

Отже, логіка адаптивної трансформації не обмежується лише реструктуризацією управлінських ланок. Вона створює цілісний механізм інтегрованого управління, у якому цифрові дані, алгоритмічні методи та організаційна гнучкість перебувають у синергії. Це забезпечує перехід від традиційного «реактивного» менеджменту до проактивного «прогнозно-аналітичного» управління, що суттєво підвищує ефективність мультипроектної діяльності будівельних підприємств і гарантує їхню конкурентоспроможність у динамічному та ресурсно обмеженому середовищі. Запропонований підхід дозволяє нівелювати часові лаги між виникненням управлінських викликів та впровадженням корегувальних дій, забезпечуючи стабільність

проектного портфеля. Таким чином, інтегрована модель стає фундаментом для створення цифрової екосистеми підприємства, здатної до самостійної реконфігурації відповідно до стратегічних цілей.

Висновок

У результаті дослідження обґрунтовано концепцію цифрової архітектури підтримки мультипроектного управління як інтегрованої екосистеми, що об'єднує ERP, PPM, CRM, BIM та Data Analytics. Така архітектура забезпечує перехід від фрагментованого керування окремими проєктами до системного управління портфелем, де інформаційні потоки консоліднуються в єдиному аналітичному просторі.

Ключовою особливістю запропонованої моделі є її здатність трансформувати накопичені дані у прогностичні сценарії, що стають підґрунтям для прийняття рішень у реальному часі. Завдяки механізмам багатокритеріальної оптимізації система підтримує адаптивну рівновагу портфеля, балансує між витратами, якістю, термінами та ризиками. Розроблена структурно-алгоритмічна модель не лише забезпечує моніторинг поточного стану, а й ініціює активне сценарне планування та прогнозування кризових ситуацій. Це дозволяє реалізувати перехід до прогнозно-аналітичного

менеджменту, за якого система автономно генерує варіанти коригування ресурсів, графіків чи пріоритетів.

Удосконалення логіки організаційної адаптації знаменує етап еволюції мультипроектного управління: від класичних ієрархічних моделей до гнучких цифрових структур, здатних до самоорганізації. Такий підхід суттєво підвищує стійкість будівельних підприємств, мінімізує ризики неузгодженості між проєктами та забезпечує оперативну реакцію на ринкові виклики.

Отже, цифрова архітектура постає не лише технологічною платформою, а й стратегічним інструментом, що гарантує конкурентоспроможність компанії в умовах високої складності будівельних процесів. Перспективним напрямом подальших розробок є інтеграція в архітектуру алгоритмів машинного навчання для автоматизації рутинних управлінських операцій. Це дозволить ще більше мінімізувати вплив людського чинника та забезпечить безперервність масштабування бізнес-процесів у межах великих будівельних холдингів.

Список літератури

1. Лукінов І. М., Ліпкан В. А. Економічні ризики будівельних проєктів: методи і моделі управління : монографія. Київ : Центр учбової літератури, 2014. 328 с.
2. Zhan Z., Hu Y., Xia P., Ding J. Multi-Objective Optimization in Construction Project Management Based on NSGA-III: Pareto Front Development and Decision-Making. *Buildings*. 2024. 14(7). 2112. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings14072112>.
3. The Standard for Portfolio Management. (4th ed.). Pennsylvania : Project Management Institute, 2017. 186 p.
4. Boumahdi F., Chalal R. SoaDssPm: A new Service-Oriented Architecture of the Decision Support System for Project Management. *arXiv preprint*. 2014. URL: <https://arxiv.org/abs/1401.5433> (дата звернення: 16.01.2026).
5. Bates M. E. Advances in multi-criteria decision analysis and multi-objective optimization for sustainable water resources and sediment management : Dissertation. UC Davis, 2021. URL: <https://escholarship.org/uc/item/33r7j9pw> (дата звернення: 16.01.2026).
6. Chupryna Iu., Ryzhakova G., Chupryna Kh., Biloshchytskyi A., et al. Designing a toolset for the formalized evaluation and selection of reengineering projects to be implemented at an enterprise. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 1 No. 13 (115). P. 6–19, DOI: 10.15587/1729-4061.2022.251235.
7. Scientific and Methodological Approaches to Risk Management of Clean Energy Projects Implemented in Ukraine on the Terms of Public-Private Partnership / I. Chupryna et al. 2022 *International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*. Nur-Sultan, Kazakhstan, 2022. P. 1–8.

Стаття надійшла до редколегії 20.11.2025

Polzikov Miroslav

Postgraduate student of the Department of Construction Management,
<https://orcid.org/0000-0002-5878-4202>
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

ARCHITECTURE OF DIGITAL PLATFORMS FOR MULTI-PROJECT MANAGEMENT SUPPORT IN CONSTRUCTION COMPANIES

Abstract. The study is devoted to the development of an architecture of digital platforms designed to support multi-project management in construction companies. The research examines the principles of building an integrated system that combines ERP, PPM, CRM, BIM, and Data Analytics modules into a unified information space. This approach aims to improve the efficiency of coordination between multiple projects within a portfolio and ensure the alignment of processes related to resource, financial, risk, and quality management. Special attention is given to the formation of a digital ecosystem capable not only of reflecting the current state of projects but also of forecasting deviations and optimizing managerial decisions in real time. The proposed factor-structural model introduces the use of an information-analytical integration coefficient, which makes it possible to assess the effectiveness of interaction between different digital modules. The study enhances the algorithmic framework for multi-criteria optimization based on Pareto-front methods, evolutionary algorithms (such as NSGA-II), and an adaptive system of weight coefficients. This enables balancing key indicators – cost, duration, quality, risk, and labor load – within a unified management circuit. The developed structural and algorithmic model demonstrates the interaction between digital platforms, analytical modules, and organizational mechanisms that support the stable functioning of a multi-project environment. It is shown that the integration of digital tools within a single architecture increases the accuracy of planning, reduces the risks of information gaps, and ensures transparency in managerial processes.

Keywords: multi-project management; digital architecture; ERP; BIM; CRM; PPM; Data Analytics; optimization; adaptability

References

1. Lukinov, I. M., & Lipkan, V. A. (2014). *Economic risks of construction projects: management methods and models: a monograph*. Center of Educational Literature.
2. Zhan, Z., Hu, Y., Xia, P., & Ding, J. (2024). Multi-Objective Optimization in Construction Project Management Based on NSGA-III: Pareto Front Development and Decision-Making. *Buildings*, 14(7), 2112. <https://doi.org/10.3390/buildings14072112>
3. Project Management Institute. (2017). *The standard for portfolio management* (4th ed.).
4. Boumahdi, F., & Chahal, R. (2014). *SoaDssPm: A new service-oriented architecture of the decision support system for project management*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1401.5433>
5. Bates, M. E. (2021). *Advances in multi-criteria decision analysis and multi-objective optimization for sustainable water resources and sediment management* [Doctoral dissertation, UC Davis]. eScholarship. <https://escholarship.org/uc/item/33r7j9pw>
6. Chupryna, Iu., Ryzhakova, G., Chupryna, Kh., Biloshchytskyi, A., Tormosov, R., & Gonchar, V. (2022). Designing a toolset for the formalized evaluation and selection of reengineering projects to be implemented at an enterprise. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(13-115), 6–19. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251235>
7. Chupryna, I., Tormosov, R., Abzhanova, D., Ryzhakov, D., Gonchar, V., & Plys, N. (2022, May 24–26). *Scientific and methodological approaches to risk management of clean energy projects implemented in Ukraine on the terms of public-private partnership* [Conference presentation]. 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Nur-Sultan, Kazakhstan.

Посилання на публікацію

- APA Polzikov M. O. (2025). Architecture of Digital Platforms for Multi-Project Management Support in Construction Companies. *Management of Development of Complex Systems*, 64, 109–119, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2025.64.109-119](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.64.109-119).
- ДСТУ Ползіков М. О. Архітектура цифрових платформ підтримки мультипроектного управління в будівельних компаніях. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2025. № 64. С. 109 – 119, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2025.64.109-119](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.64.109-119).